

羧甲基纤维素改善冷冻蛋糕体系热力学与烘焙特性研究

贾春利¹, 汤晓娟¹, 黄卫宁^{1,*}, 邹奇波², 甘小红³, RAYAS-DUARTE Patricia⁴

(1. 江南大学食品学院, 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏无锡 214122;

2. 张家港福临门大家庭食品有限公司, 江苏张家港 215632;

3. 深圳市金谷园实业发展有限公司, 广州深圳 518048;

4. 俄克拉荷马州立大学农产品与食品研究中心, 美国斯蒂尔沃特 74078-6055)

摘要:研究了冻藏条件(冻藏时间和冻融循环次数)和羧甲基纤维素添加量(1%、2%、3%)对天使蛋糕面糊热力学、流变学和烘焙特性的影响。应用差示扫描量热仪(DSC)、粘度计、数码显微镜和质构仪等分别测定了羧甲基纤维素面糊冻藏过程中冰晶熔化焓(ΔH_m)、粘度、比重和气泡分布(尺寸和均匀性),以及蛋糕比容和质构的变化。结果发现冻藏和冻融循环显著增加了面糊 ΔH_m 、减小了面糊粘度、增大了面糊比重、增加了面糊气泡分布的不均匀性,最终导致蛋糕比容减小、硬度增大;而羧甲基纤维素作为一种亲水胶体,延缓了面糊 ΔH_m 的增加、粘度的减小、比重的增大、气泡分布的不均匀化、蛋糕比容的减小和硬度的增大,且当羧甲基纤维素用量在1%~3%范围内时,添加量越少效果越好,羧甲基纤维素添加量为1%的面糊制作的天使蛋糕比容最大、硬度最小。

关键词:蛋糕, 冻融循环, 羧甲基纤维素, 气泡分布, 质构

Study on improvement of carboxyl methyl cellulose in frozen batter cake by modifying thermal and baking properties

JIA Chun-li¹, TANG Xiao-juan¹, HUANG Wei-ning^{1,*}, ZOU Qi-bo², GAN Xiao-hong³, RAYAS-DUARTE Patricia⁴

(1. The State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology,

International Exchange and Cooperation Program, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Fortune Bakery Co., Ltd., Zhangjiagang 215634, China;

3. Shenzhen Jingyuan Industry Development Co., Ltd., Shenzhen 518048, China;

4. Food and Agricultural Products Research Center, Oklahoma State University, Stillwater 74078-6055, USA)

Abstract: The effect of frozen condition (frozen storage time and freeze-thaw cycles) and carboxyl methyl cellulose (1%, 2% and 3%) on thermal, rheological and baking properties of angel food cake batter were investigated. Batter ice melting enthalpy (ΔH_m), viscosity, specific gravity and bubbles distribution, and cake specific volume and hardness were determined by using differential scanning calorimetry, viscometer, digital microscopy and texture analyzer, respectively. Results showed that as frozen storage and freeze-thaw cycles continued, batter ΔH_m and specific gravity increased, viscosity and bubbles uniformity decreased, resulting in a decrease in the specific volume and an increase in hardness of cake. Carboxyl methyl cellulose retarded an increase in ΔH_m , specific gravity and cake hardness, and retarded a decrease in viscosity, bubbles uniformity and cake specific volume. And the cake with 1% carboxyl methyl cellulose was the best when the amount of carboxyl methyl cellulose was added at level range from 1% to 3%.

Key words: cake; freeze-thawing cycles; carboxyl methyl cellulose; bubbles distribution; texture

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)16-0327-05

冷冻面团技术的出现和迅速发展^[1-2], 有助于烘

焙产品集中化、标准化生产, 减少因产品老化带来的经济损失^[3-4], 有助于提高产品的方便性、即食性。然而, 冷冻和冻藏过程中冰晶的形成和重结晶引起面团流变学和热力学特性改变, 进而导致烘焙产品质量恶化, 如面包比容减小、硬度增大等^[5-9]。亲水胶体具有较高的持水性, 能够控制冻藏过程中冰晶的形成和生长, 增加冷冻面团的冻藏稳定性, 改善冷冻面团及其烘焙产品质量^[10-14]。羧甲基纤维素是常用于改

收稿日期: 2011-12-20 * 通讯联系人

作者简介: 贾春利(1977-), 女, 博士研究生, 工程师, 研究方向: 食品烘焙与发酵技术。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071595, 20576046); 美国农业部国际合作项目(A-(86269)); 农业科技成果转化资金项目(2009GB23600520, 2011GB2C100017)。

善冷冻面团烘焙产品质量的亲水胶体之一^[10,15-17]。海绵蛋糕面糊在搅打过程中会包入大量空气,这些空气在烘焙过程中迅速膨胀,形成多孔的海绵状结构。面糊搅打过程中吸入的空气量和面糊中气泡分布(气泡大小和均匀性)取决于面糊粘度,往往又决定了蛋糕的比容和质构^[18-21],冻藏过程对海绵蛋糕质量的影响尚不清楚,天使蛋糕是海绵蛋糕之一,关于冷冻面糊天使蛋糕的研究几乎未见报道。本文研究以羧甲基纤维素(1%、2%、3%)为代表的亲水胶体对不同冻藏条件(冻藏时间和冻融循环次数)下冷冻蛋糕面糊热力学、流变学和烘焙特性的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

低筋小麦粉 购自南顺面粉公司,水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量分别为13.4%、9.0%、1.5%和0.80%(测定方法为AACCI 2000^[22]);羧甲基纤维素 丹尼斯克(昆山)有限公司提供。

搅拌机 美国DummyKitchen家用电器有限公司;Pyris 1差示扫描量热仪(DSC) 美国Perkin Elmer公司;DV-II+粘度仪 德国Brookfield有限公司;数码显微镜 Motic实业集团有限公司;TA-XT2i质构仪 英国Stable MicroSystems公司。

1.2 实验方法

1.2.1 天使蛋糕的制作 天使蛋糕制作参照Morr的方法^[23],根据实际情况做了部分修改。具体方法如下所述。

配方:小麦粉100g,蛋白308g,绵白糖130g,食盐2.5g,塔塔粉1.5g。羧甲基纤维素添加量分别为小麦粉的1%、2%和3%,不含羧甲基纤维素的样品为空白样。

工艺:首先将蛋白、塔塔粉和食盐投入搅拌机中进行慢速搅打,直至呈白色泡沫状,将绵白糖分三次加入,高速搅打直至湿性发泡。将低筋小麦粉筛好后,分两次加入,缓慢搅打至面粉混匀。称取30g面糊放入蛋糕模具中,在上下火均为160℃烤箱中烘焙20min。

1.2.2 面糊的冷冻和解冻 用保鲜膜覆盖装有面糊的蛋糕磨具,将其置于-35℃下速冻2h至中心温度达到-18℃,部分面糊样品置于-18℃分别冻藏1、2和4周,另一部分分别经历1次(冻藏1w)、2次(冻藏1w后解冻,继续冻藏1w)和3次(冻藏1w后解冻,继续冻藏1w后解冻,继续冻藏2w)冻融循环。为了使面糊解冻得更加彻底和均匀,将面糊置于10℃解冻6h。

1.2.3 面糊热力学特性研究 将10~15mg面糊放入DSC铝盒中,并按照1.2.2描述条件进行冻藏,取出后迅速转入DSC中进行测定。空的密封铝盒作为对照。面糊中冰晶熔化焓(ΔH_m)按照下述程序测定:将面糊样品以5℃/min的速度降温至-30℃,并在此温度下维持5min,然后以5℃/min的速度升温至10℃。

1.2.4 面糊物理特性研究 室温条件下测定面糊比重,比重为面糊重量与体积之比;面糊粘度使用粘度仪测定,使用SC4-29搅拌针以20r/min的速度搅拌面糊。

1.2.5 面糊气泡分布观察 使用数码显微镜观察面糊气泡分布,将面糊置于载玻片上,以盖玻片覆盖,在×10放大倍数下观察气泡分布^[24]。

1.2.6 烘焙特性研究 蛋糕烘焙后,于室温下冷却

1h,然后测定蛋糕重量和体积,体积采用菜籽替代法测定。蛋糕体积与重量的比值即为蛋糕比容(单位mL/g)。

应用质构仪于室温下测定蛋糕硬度,选用P/50R探头,设置测试前、测试中和测试后速度均为1.0mm/s。将蛋糕压缩至原来高度的50%,测定蛋糕硬度(单位g)。

1.3 数据处理

所有数据为三次平行测量的平均值,运用SAS软件进行方差分析(ANOVA)和最小显著差异分析(LSD),显著差异水平取 $p < 0.05$ 。

2 结果及分析

2.1 面糊热力学特性

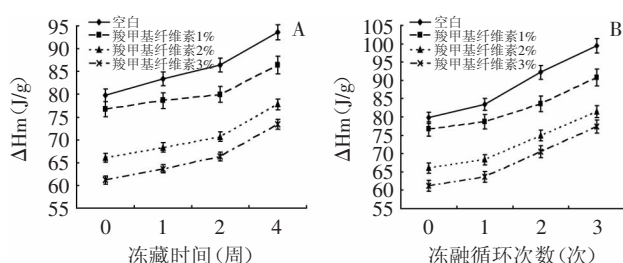


图1 面糊中冰晶熔化焓(ΔH_m)随冻藏时间(A)和冻融循环(B)的变化

Fig.1 The change of ΔH_m in cake batter with frozen storage time (A) and freeze-thaw cycles (B)

面糊中冰晶熔化焓(ΔH_m)随冻藏条件和羧甲基纤维素添加量的变化分别如图1所示。冻藏过程尤其是冻融循环过程引起了所有面糊(空白和含有羧甲基纤维素面糊) ΔH_m 的显著($p < 0.05$)增大。 ΔH_m 增大反映了水分子在冻藏过程中逐步从蛋白质分子中游离出来,这和人研究结果基本一致^[14,25-26]。一些研究者也曾用低温扫描电镜观察面团中冰晶的形成和生长,他们发现大多数冰晶覆盖在气孔壁上,另一部分深嵌在面团基质中,并从气孔壁伸出在气孔中^[27-29]。因此,天使蛋糕面糊中 ΔH_m 增加说明冻藏过程冰晶形成并逐渐增多,它们可能会破坏面糊的气泡结构,导致面糊中部分气体在解冻后溢出。

空白面糊(不含羧甲基纤维素)明显($p < 0.05$)较含有羧甲基纤维素面糊 ΔH_m 增大的更快。冻藏4w后,空白、1%、2%和3%羧甲基纤维素面糊的 ΔH_m 分别增加了13.87、9.69、11.75、12.27J/g,而经过3次冻融循环后,空白、1%、2%和3%羧甲基纤维素面糊的 ΔH_m 分别增加了19.63、14.01、15.43、16.24J/g,空白面糊的 ΔH_m 增加的最多,含1%羧甲基纤维素面糊的 ΔH_m 增加的最少,说明羧甲基纤维素的加入阻止了天使蛋糕面糊中冰晶的形成和增加,且在羧甲基纤维素添加量为1%~3%之间时,随着羧甲基纤维素使用量的增加,冰晶增长量逐渐增加。但是,冻藏条件相同时,仍以3%羧甲基纤维素面糊的 ΔH_m 为最小。

2.2 面糊粘度

面糊粘度影响空气包入量和面糊内气体的扩散,并控制着面糊比重、气泡分布和蛋糕质量。冻藏后,所有面糊粘度都显著($p < 0.05$)降低(图2A),冻融循环后面糊粘度降低的更明显(图2B),这可能是由于面糊中 ΔH_m 增大,即冰晶量增多引起的。

新鲜空白面团加入羧甲基纤维素后,粘度显著($p<0.05$)增大,且随着羧甲基纤维素添加量增加,面糊粘度越大,这与Ashwini、Jyotsna和Indrani的研究结果一致,他们发现亲水胶体,如阿拉伯胶、瓜尔胶、刺槐豆胶、卡拉胶和羧甲基纤维素增加了蛋糕面糊粘度^[30]。图2也显示出,羧甲基纤维素的引入减缓了冻融循环引起的面糊粘度减小,且冻藏时间相同时,羧甲基纤维素添加量越多面糊粘度越大。

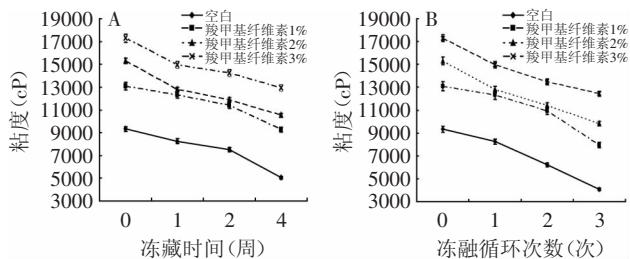


图2 面糊粘度随冻藏时间(A)和冻融循环(B)的变化

Fig.2 The change of viscosity of cake batter with frozen storage time (A) and freeze-thaw cycles (B)

2.3 面糊比重

蛋糕面糊比重越小说明面糊中持留了越多的气体^[30]。面糊比重随羧甲基纤维素添加量和冻藏条件的变化如图3所示。随着冻藏时间延长和冻融循环次数增加,所有面糊比重都显著增大($p<0.05$),这可能与冰晶破坏面糊结构,引起气体释放有关。

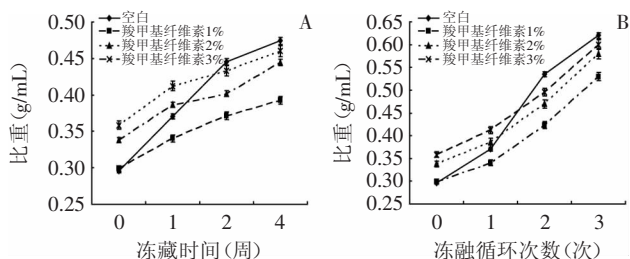


图3 面糊比重随冻藏时间(A)和冻融循环(B)的变化

Fig.3 The change of specific gravity of cake batter with frozen storage time (A) and freeze-thaw cycles (B)

羧甲基纤维素的加入引起新鲜面糊比重迅速增大,一些研究者也得出过同样的结论,即亲水胶体能够显著增大蛋糕面糊比重^[30]。然而,随着冻藏时间延长和冻融循环次数增加,含有羧甲基纤维素面糊比重增加的速度明显慢于空白面糊。冻藏4w和冻融循环3次后,含有羧甲基纤维素面糊的比重明显较空白面糊比重小,其中含有1%羧甲基纤维素面糊比重最小,例如,空白面糊冻藏4周后比重为0.47g/mL,但是含有1%、2%和3%羧甲基纤维素面糊的比重分别为0.39、0.44、0.46g/mL。加入羧甲基纤维素面糊比重减小,可能是由于羧甲基纤维素抑制了冰晶形成,减小了冰晶对气泡结构的破坏和气体的释放;而随着羧甲基纤维素添加量从1%增加至3%,面糊比重增大可能有两个原因:a.羧甲基纤维素量逐渐增加,面糊粘度增大明显,导致面糊搅打过程中包入空气量减少;b.羧甲基纤维素量增多,面糊粘度大幅提升,气体在面糊中的扩散受到限制,形成不均匀海绵状结构,冰晶形成后导致大量气体释放。

2.4 面糊气泡分布

面糊中气泡小、尺寸均匀有利于制作出较好结构和形状、较大比容的蛋糕^[18,31]。羧甲基纤维素含量不同的面糊中气泡分布随冻藏条件的变化如图4所示。冻藏后,所有面糊中气泡都增大了,均匀性却降低了,空白面糊中气泡分布变化的最明显。冻融过程比单独的冻藏过程对面糊中气泡分布的影响更显著。这些结果说明,冻藏过程不仅导致面糊中气体部分释放,也会引起气泡间的合并。

图4也显示出,随着羧甲基纤维素的加入,冻藏初期(1周),面糊中气泡尺寸和不均匀性都大于空白面糊,这可能是由于羧甲基纤维素添加使得面糊粘度急剧增大,限制了面糊中气泡的扩散,使得气泡较大且不均匀,随着冻藏的继续进行,羧甲基纤维素引起面糊中气泡增大和均匀性减小的速度减慢。随羧甲基纤维素添加量从1%增加至3%,冻藏条件相同的面糊中气泡尺寸和非均匀性有明显增大趋势。但2周冻藏或者2次冻融循环后,含羧甲基纤维素面糊的气泡尺寸和非均匀性都小于空白面糊,这说明羧甲基纤维素能够阻止面糊中气泡增大和不均匀化,这可能与羧甲基纤维素减小了面糊中的冰晶有关^[21]。图4也显示出含1%羧甲基纤维素的面糊气泡尺寸较含2%、3%羧甲基纤维素的面糊的气泡尺寸更小、更均匀。

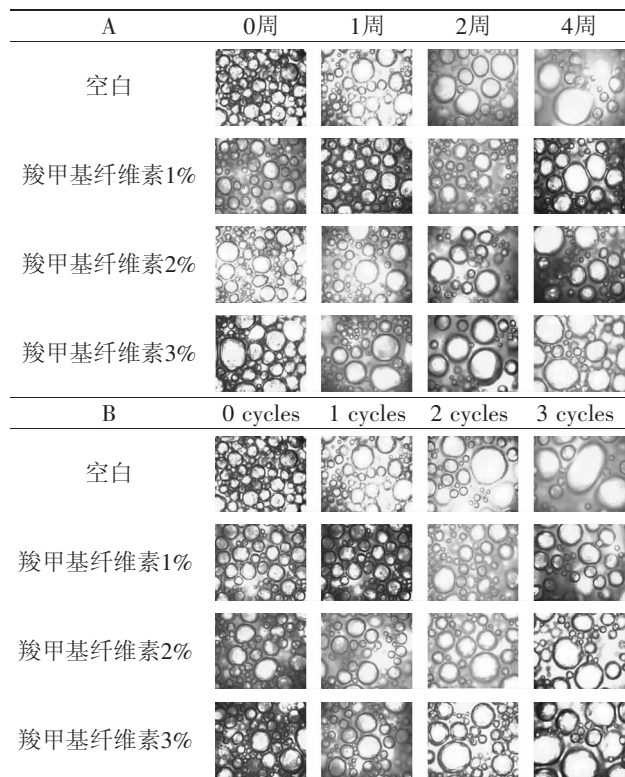


图4 面糊中气泡分布随冻藏时间(A)和冻融循环(B)的变化

Fig.4 The change of bubble distribution in cake batter with frozen storage time (A) and freeze-thaw cycles (B)

2.5 蛋糕比容

图5绘出了蛋糕比容随冻藏条件和羧甲基纤维素添加量的变化。随着冻藏和冻融循环过程的继续,所有蛋糕的比容都显著($p<0.05$)减小,冻融循环过程会更大幅度的减小蛋糕的比容,这些结果可能是

由冰晶增大间接引起的。

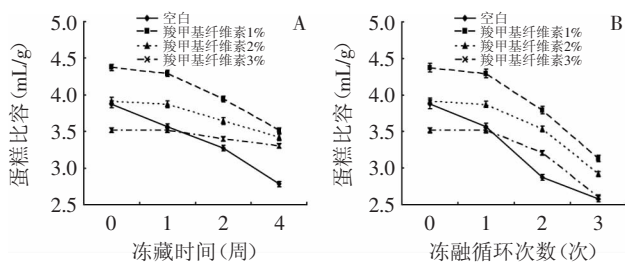


图5 蛋糕比容随冻藏时间(A)和冻融循环(B)的变化

Fig.5 The change of specific volume of cake with frozen storage time (A) and freeze-thaw cycles (B)

图5也显示出,当冻藏条件相同时,羧甲基纤维素的引入显著($p < 0.05$)增大了蛋糕的比容,这可能与羧甲基纤维素对面糊 ΔH_m 、粘度、比重和气体分布的影响有关,如上所述。而当羧甲基纤维素含量从1%增加至3%时,冷冻面糊蛋糕的比容却逐渐减小,含1%羧甲基纤维素面糊冻藏后制作的蛋糕比容最大,这可能是羧甲基纤维素添加量较多会引起面糊粘度急剧增加,导致面糊搅打过程中包入气体量减少,同时气体在面糊中的扩散受到限制,形成不均匀海绵状结构,冰晶形成后导致大量气体释放。

2.6 蛋糕硬度

蛋糕硬度随冻藏条件和羧甲基纤维素添加量的变化如图6所示。所有蛋糕的硬度都随冻藏和冻融循环的继续而增大,其中冻融循环对其影响更为明显。添加羧甲基纤维素后,冻藏条件相同的情况下,蛋糕硬度变小,即羧甲基纤维素延缓了蛋糕硬度的增大。关于冷冻面团烘焙产品的硬化被亲水胶体缓解的研究已有报道^[14,30]。但是,随着羧甲基纤维素添加量增大,蛋糕硬度有回升现象,即当添加量从1%增加到3%时,蛋糕硬度随冻藏时间延长而增加的速度变大,含1%羧甲基纤维素的蛋糕硬度增大的最缓慢,这可能是由于亲水性胶体添加过多,造成面糊体系水分不充足,面糊中其他成分无法吸水,从而造成硬度增加。

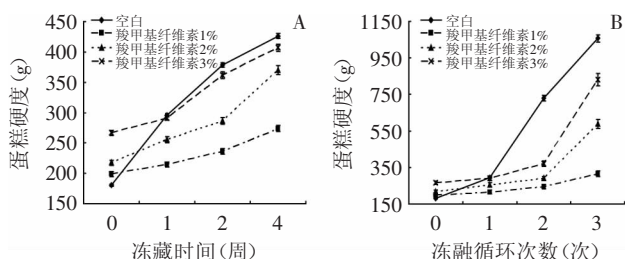


图6 蛋糕硬度随冻藏时间(A)和冻融循环(B)的变化

Fig.6 The change of cake hardness of cake with frozen storage time (A) and freeze-thaw cycles (B)

3 结论

经过研究,发现冻藏和冻融循环显著增加了面糊 ΔH_m 、减小了面糊粘度、增大了面糊比重、增加了面糊气泡分布的不均匀性,最终导致蛋糕比容减小、硬度增大;而羧甲基纤维素作为一种亲水胶体,延缓了面糊 ΔH_m 的增加、粘度的减小、比重的增大、气泡分布的不均匀化、蛋糕比容的减小和硬度的增大,且当羧甲基纤维素用量在1%~3%范围内时,添加量越

少效果越好,羧甲基纤维素添加量为1%的面糊制作的天使蛋糕比容最大、硬度最小。

参考文献

- [1] HUANG W N, KIM Y S, Li X Y, et al. Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature [J]. Journal of Cereal Science, 2008, 48: 639-646.
- [2] KIM Y S, HUANG W N, Du G C, et al. Effects of trehalose, transglutaminase, and gum on rheological, fermentation, and baking properties of frozen dough [J]. Food Research International, 2008, 41: 903-908.
- [3] MATUDA T G, PARRA D F, LUGAO A B, et al. Influence of vegetable shortening and emulsifiers on the unfrozen water content and textural properties of frozen French bread dough [J]. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 2005, 38: 275-280.
- [4] SELOMULYO V O, ZHOU W. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers [J]. Journal of Cereal Science, 2007, 45: 1-17.
- [5] 王欣, 苏朋, 刘宝林, 等. 食品添加剂对面团玻璃化转变温度的影响 [J]. 食品科学, 2007, 28(6): 55-58.
- [6] 刘建峰, 周新丽, 苏鹏, 等. 添加剂对面团低温保存效果的影响 [J]. 制冷学报, 2009, 2, 30(2): 55-58.
- [7] BERGLUND P, SHELTON D, FREEMAN T. Frozen bread dough ultra structure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles [J]. Cereal Chemistry, 1991, 68: 105-107.
- [8] INOUE Y, BUSHUK W. Studies on frozen dough. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties [J]. Cereal Chemistry, 1991, 68: 627-631.
- [9] INOUE Y, BUSHUK W. Studies on frozen dough. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough [J]. Cereal Chemistry, 1992, 69: 423-428.
- [10] LEE M H, BAEK M H, CHA D S, et al. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums [J]. Food Hydrocolloids, 2002, 16: 345-352.
- [11] MATUDA T G, PARRA D F, LUGAO A B, et al. Influence of vegetable shortening and emulsifiers on the unfrozen water content and textural properties of frozen French bread dough [J]. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 2005, 38: 275-280.
- [12] BUERA P M, CHANES J W, LILLFORD P, et al. Water properties of food, pharmaceutical, and biological materials [M]. Boca Raton: CRC Press, 439-444.
- [13] RIBOTTA P D, LEÓN A E, AÑÓN M C. Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2001, 49: 913-918.
- [14] SHARADANANT R, KHAN K. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. dough quality [J]. Cereal Chemistry, 2003a, 80: 764-772.
- [15] WARD F, ANDON S. The use of gums in bakery foods from American Institute of Baking [J]. Technology Bull, 1993, 15(4): 1-8.
- [16] SHARADANANT R, KHAN K. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. II. bread characteristics [J]. Cereal Chemistry, 2003b, 80: 773-780.
- [17] MATUDA T G, CHEVALLIER S, PESSOA FOLHO P, et al.

